

災害廃棄物の中間処理について（多賀城市での中間処理事例）

Intermediate Treatment of Disaster Waste Materials (Case of Tagajyo City Project)

西村 良平*1 吉岡 由郎*1 大山 将*1
Ryohei Nishimura Yoshiro Yoshioka Sho Oyama
大桑 宗一郎*2 南京 秀己*3 安達 忍*3
Souichiro Ohkuwa Hidemi Nankyoh Sinobu Adachi

要旨

平成23年3月11日の東日本大震災に伴い大量の災害廃棄物や津波堆積物が発生し、それらから「土砂性状の復興資材」や「土砂」を可能な限り多く回収し、資源としてリサイクルする分別システムが求められた。本報告は、分別システムの要素技術として、高含水な廃棄物を分別しやすい性状に改質する高分子系改質剤を開発し、実証試験で効果を確認したうえで、宮城県多賀城市の災害廃棄物の中間処理現場に適用した一連の成果についてまとめたものである。

キーワード：災害廃棄物 津波堆積物 中間処理施設 高分子系改質剤

1. はじめに

東日本大震災の被災地の一次仮置き場所に集積された災害廃棄物は木くず、廃プラ、ガレキ等が混在した状態であり、津波堆積物は土砂、泥状物の中に廃棄物が混入した性状であった。

また、災害廃棄物や津波堆積物の多くは津波により海水に浸かっており、場所によっては土砂や泥状物が混入し、高含水になっていた。これら高含水の災害廃棄物や津波堆積物から「土砂性状の復興資材」や「土砂」を精度良く分別するには、分別しやすい性状に改質する前処理が必要となる。

従来、前処理として生石灰による改質（発熱による含水低減）が実施されてきたが、①発熱による火災発生のおそれ、②粉じんの発生、③改質物が高アルカリ性、④養生期間が必要等の問題点が指摘されている。

分別は現地作業となるため、周辺地域の環境保全対策には十分な配慮が必要となる。特に、高く積まれた災害廃棄物の自然発火による火災が各地で頻発したため、発熱しない工法が求められた。このため、①無発熱、②低粉じん、③中性域、④短期間での改質が可能な高分子系改質剤に着目し、その効果を検証したうえで、宮城県多賀城市の災害廃棄物の中間処理現場に適用した。適用までの経緯と分別状況について以下に報告する。

2. 高分子系改質剤の改質メカニズム

高分子系改質剤はアクリル酸を主成分とする高分子系化合物で、土砂のうち粒径が小さい粘土・シルト粒子を高分子鎖でまとめ上げ、廃棄物から引き離す効果がある。また、粘土・シルト粒子で構成される高分子鎖は改質剤の接着作用により、粒状化してサラサラした触感となる。この改質メカニズムの模式図を図1に示す。

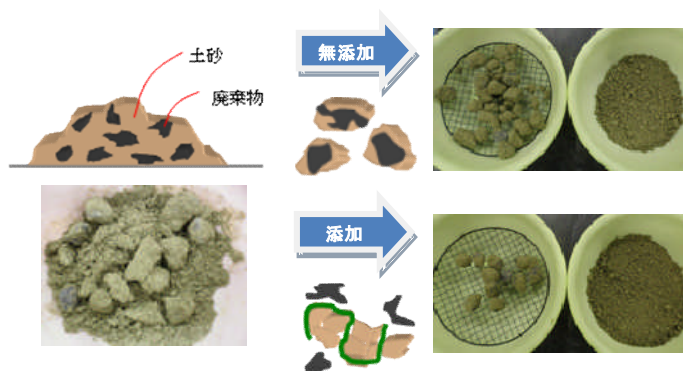


図1 高分子系改質剤の改質メカニズム模式図

*1 土木事業本部 環境エンジニアリング部 *2 名古屋支店 土木部 *3 東北支店 土木部

3. 実証試験

3.1 岐阜市北部不法投棄現場での実証試験

3.1.1 実証試験の概要

被災地での実証試験に先立って岐阜市北部不法投棄現場（岐阜市椿洞）で、高分子系改質剤の効果を確認する実証試験を平成 23 年 3 月 22～23 日に実施した。

試料は含水比 35～45%の比較的高含水な不法投棄廃棄物を用い、試験ケースは無添加、生石灰添加、高分子系改質剤（粉体）添加、高分子系改質剤（液体）添加の 4 ケースとした。試料は各ケース 10 t ダンプトラック 2 車分の 9.2 m³とし、生石灰は前日に油圧ショベルで約 10 分（1 分/m³を目安）混合攪拌し、24 時間の養生期間をおいた。一方、高分子系改質剤は養生期間を必要としないため、分別試験の 1 時間前に生石灰と同様に約 10 分間混合攪拌した。分別は自走式振動スクリーンを使用し、ふるい目は 25mm の格子とした。

3.1.2 分別結果

不法投棄廃棄物の分別結果を表 1 に、結果概要を以下に示す。

- ① 高分子系改質剤添加により 25mm 以下材の分別量は重量割合で 5～10%向上した。
- ② 生石灰と高分子系改質剤（粉体）の改質効果（25mm 以下材の回収率）は同程度で、高分子系改質剤（液体）が 5%程度高かった。
- ③ 生石灰は混合後の pH と温度が上昇したが、高分子系改質剤は顕著な変化はなかった。
- ④ 粉じんの発生量は生石灰 > 高分子系改質剤（粉体） > 高分子系改質剤（液体）の順に多かった。
- ⑤ 高分子系改質剤を用いた場合には自走式振動スクリーン（25mm）の目詰まりはほとんど発生しなかった。（写真 3 参照）



写真 1 改質状況



写真 2 分別状況(振動スクリーン)



写真 3 分別後のスクリーン状況

3.2 被災地での実証試験

3.2.1 実証試験の概要

岐阜市での実証試験の結果を踏まえ、被災地の宮城県亶理町の一次仮置き場で、高分子系改質剤の効果を確認する実証試験を平成 23 年 5 月 26～27 日に実施した。

試料は一次仮置き場に集積されている災害廃棄物と津波堆積物を用いた。災害廃棄物は無添加、生石灰添加、高分子系改質剤（粉体）添加、高分子系改質剤（液体）添加の 4 ケース、津波堆積物は無添加、高分子系改質剤（粉体：2 ケース）添加、高分子系改質剤（液体）添加の 4 ケースについて検討した。

災害廃棄物の試料は、各ケース 10 t ダンプトラック 2 車分の約 12m³から、手選別により木材・コンクリートガラ・金属類・300mm 超過の粗大物を取り除いた混合廃棄物とし、生石灰は前日に油圧ショベルで約 10 分混合攪拌し、24 時間の養生期間をおいた。また、高分子系改質剤は分別試験の 1 時間前に約 10 分混合攪拌した。一方、津波堆積物の試料は各ケース 10 t ダンプトラック 1 車分の約 6m³とし、高分子系改質剤を分別試験の 1 時間前に約 6 分混合攪拌した。分別は自走式振動スクリーンを使用し、ふるい目は 20mm の格子とした。

3.2.2 分別結果

災害廃棄物の分別結果を表 2 に、津波堆積物の分別結果を表 3 に、粉じん測定結果を表 4 に、分別状況を写真 4～9 に、結果概要を以下に示す。

【 災害廃棄物 】

- ① 高分子系改質剤添加により 20mm 以下材の分別量は重量割合で 3～4%程度向上した。添加による向上率

表 1 分別試験結果（不法投棄廃棄物）

試験ケース		①	②	③	④
改質剤（添加率）		無添加	生石灰 (10 kg/m ³)	高分子系(粉体) (2 kg/m ³)	高分子系(液体) (2 kg/m ³)
処理量	体積(m ³)	9.2	9.2	9.2	9.2
	重量(t)	7.72	6.84	6.22	6.50
25 mm 超過	割合(%)	50.3	45.9	45.1	39.6
	25 mm 以下	割合(%)	49.7	54.1	54.9
含水比	改質前(%)	35.9	42.1	42.1	38.9
	改質後(%)	37.2	31.0	41.9	35.2
土砂 pH	改質前	7.2	7.4	7.9	7.8
	改質後	7.6	12.1	7.9	7.8
温度	改質前(°C)	25.9	29.2	30.6	31.5
	改質後(°C)	21.5	37.0	23.8	24.9

が岐阜市の不法投棄廃棄物に比べ低いのは、災害廃棄物が含水比 10%程度と低含水で、改質しなくてもある程度ふるい分別できる性状であったためと考えられる。

- ② 改質効果 (20mm 以下の回収物の重量比) は生石灰、高分子系改質剤 (液体)、高分子系改質剤 (固体) の順に 2~3% 高かったが、目視では同程度であった。
- ③ 災害廃棄物の 20mm 以下材は廃棄物の混入が目立ち、復興資材として再利用するためには、さらに 10mm 以下に再分別して廃棄物を取り除く必要があった。

【津波堆積物】

- ④ 高分子系改質剤添加により 20mm 以下材の分別量は重量割合で 10%程度向上した。
- ⑤ 生石灰、高分子系改質剤 (粉体/2 ケース) と比較して高分子系改質剤 (液体) の改質効果が高かった。
- ⑥ 津波堆積物の 20mm 以下材は廃棄物の混入が目立たず、盛土材等として利用できる性状であった。

【災害廃棄物、津波堆積物 共通事項】

- ⑦ 生石灰は混合後の pH と温度が上昇しているが、高分子系改質剤は顕著な変化はなかった
- ⑧ 高分子系改質剤使用時の粉じんの発生量は、表 4 に示すように生石灰使用時に比較して 1/2~1/4 程度であった
- ⑨ 高分子系改質剤を用いた場合には自走式振動スクリーン (20mm) の目詰まりはほとんど発生しなかった (写真 9 参照)

表 2 分別結果 (粗選別後の災害廃棄物)

試験ケース		①	②	③	④
改質剤 (添加率)		無添加	生石灰 (10 kg/m ³)	高分子系(粉体) (1 kg/m ³)	高分子系(液体) (1 kg/m ³)
処理量	重量(t)	3.99	5.67	4.93	5.69
20 mm 超過	重量割合 (%)	38.8	32.1	36.1	34.6
20 mm 以下	重量割合 (%)	61.2	67.9	63.9	65.4
含水比	改質前(%)	10.1	10.0	11.4	11.9
	改質後(%)	7.8	4.8	7.1	7.5
土砂 pH	改質前	7.5	7.4	7.4	7.3
	改質後	7.3	12.4	7.0	7.0
温度	改質前(°C)	23.0	—	—	—
	改質後(°C)	23.0	42.1	24.2	27.2

表 3 分別結果 (津波堆積物)

試験ケース		①	②	③	④
改質剤 (添加率)		無添加	高分子系(粉体) (1 kg/m ³)	高分子系(液体) (1 kg/m ³)	高分子系(粉体) (2 kg/m ³)
処理量	体積(m ³)	6.0	6.0	6.0	6.0
	重量(t)	7.63	7.70	7.86	9.17
20 mm 超過	重量割合 (%)	26.5	18.7	13.1	16.8
20 mm 以下	重量割合 (%)	73.5	81.3	86.9	83.2
含水比	改質前(%)	17.1	—	—	—
	改質後(%)	14.0	14.6	13.4	12.5
土砂 pH	改質前	8.1	—	—	—
	改質後	8.4	8.1	7.9	8.0
温度	改質前(°C)	23.0	—	—	—
	改質後(°C)	22.4	23.2	23.0	23.1

表 4 粉じん測定結果 (災害廃棄物、津波堆積物)

試験ケース	改質剤 (添加率)	バックグラウンド mg/m ³	混合時(mg/m ³)	分別時(mg/m ³)
災害廃棄物	① 無添加	0.023~0.033	—	0.051~0.12
	② 生石灰(10 kg/m ³)	〃	0.081~0.18	0.27~1.20
	③ 高分子系粉体(1 kg/m ³)	〃	0.036~0.044	0.18~0.33
	④ 高分子系液体(1 kg/m ³)	〃	0.027~0.072	0.15~0.29
津波堆積物	① 無添加	0.023~0.033	—	0.038~0.085
	② 高分子系粉体(1 kg/m ³)	〃	0.028~0.041	0.059~0.14
	③ 高分子系液体(1 kg/m ³)	〃	0.023~0.047	0.043~0.079
	④ 高分子系粉体(2 kg/m ³)	〃	0.027~0.036	0.050~0.26



写真 4 手選別状況



写真 5 分別状況(振動スクリーン)



写真 6 粉じん発生状況(生石灰)



写真 7 災害廃棄物の 20mm 以下材



写真 8 津波堆積物の 20mm 以下材



写真 9 分別後の 20mm 網目

4. 多賀城市災害等廃棄物の中間処理への適用

4.1 施設の概要

4.1.1 適用業務の内容

高分子系改質剤を用いた災害廃棄物等の分別システムを、多賀城市内で発生した災害等廃棄物の中間処理に適用した。業務概要を表5に示す。

表5 業務概要

業務名	多賀城市東日本大震災に係る 災害廃棄物中間処理等業務委託
委託者	多賀城市
受託者	㈱鴻池組
業務場所	中間処理 仙台市宮城野区港4丁目 敷地面積 約3.2ha
業務内容	災害廃棄物等の運搬・中間処理・保管・ 適正処分等(処理量 約14万トン)

4.1.2 分別フロー

【災害廃棄物】

災害廃棄物から「復興資材」を分別するフローを図2に、分別状況を写真10に、概要を以下に示す。

- ① 災害廃棄物から重機・人力を用いた粗選別で、資源物(金属類、廃木材、コンクリートガラ)と粗大物(300mm超過)を取り除いた。

- ② 資源物と粗大物を取り除いた300mm以下の混合廃棄物に高分子系改質剤を添加混合し、分別しやすい性状に改質した。添加剤は実証試験結果より高分子系改質剤(粉体)とし、添加量は $1\text{kg}/\text{m}^3$ とした。
- ③ 改質した混合廃棄物は、一次分別として網目20mmの振動スクリーンで20mm以下材と20mm超過材(廃棄物)に分別した。
- ④ 20mm以下材は、混入した廃棄物を除去するため、二次分別として網目10mmの振動スクリーンにより10mm以下に再分別し、10mm以下材を土砂性状の復興資材として回収した。

【津波堆積物】

津波堆積物から「土砂」を分別するフローを図3に、概要を下記に示す。

- ① 災害廃棄物から重機を用いて粗大物(300mm超過)を取り除いた。
- ② 粗大物を取り除いた300mm以下の津波堆積物に高分子系改質剤を添加・混合し、分別しやすい性状に改質した。添加剤は実証試験結果より高分子系改質剤(液体)とし、添加量は $1\text{kg}/\text{m}^3$ とした。
- ③ 改質した津波堆積物は目開き20mmの櫛歯状の振動スクリーンで20mm以下材(土砂)と20mm超過材(廃棄物)に分別した。

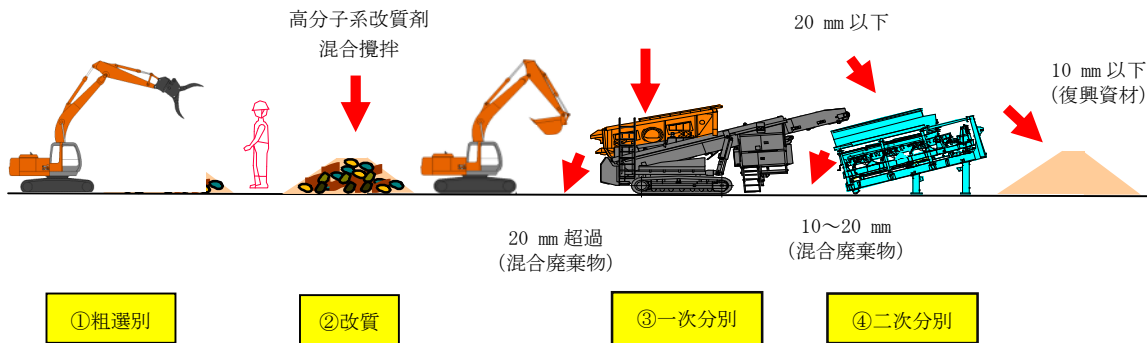


図2 災害廃棄物の分別フロー



(a) 一次分別 (振動スクリーン)



(b) 二次分別 (振動スクリーン)
写真10 分別状況



(c) 災害廃棄物の20mm以下材

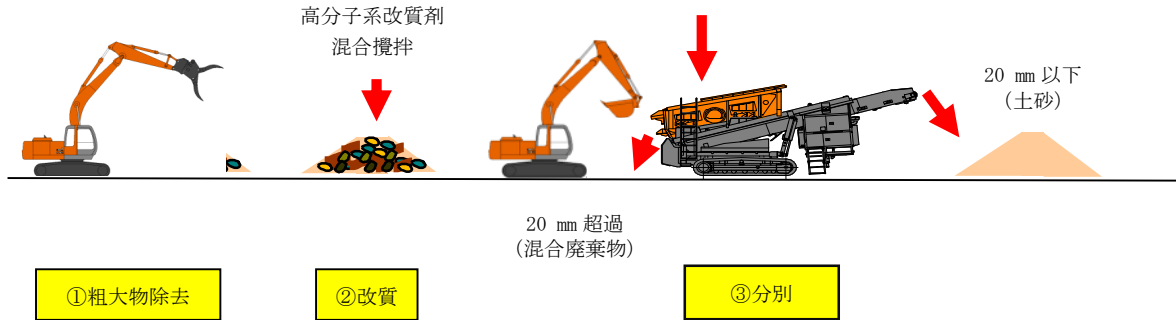


図3 津波堆積物の分別フロー

4.2 分別結果

新たに設置した中間処理現場で、平成24年1月下旬から災害廃棄物の分別処理を開始し、作業員がある程度業務に慣れてきた3月15日に、災害廃棄物と津波堆積物それぞれの分別結果を測定し、高分子系改質剤の効果を確認した。災害廃棄物の分別結果を表6に、津波堆積物の分別結果を表7に、分別後の復興資材と土砂の性状を写真11,12に、結果概要を以下に示す。

- ① 分別結果は、分別後の以下材の写真11に示すとおり、10mm以下材でも廃棄物の混入は目立たず、見た目も土砂性状の復興資材として利用可能な性状であった。
- ② 高分子系改質剤を用いた分別において、災害廃棄物からの復興資材の回収率は無添加の場合の23%から24%に、津波堆積物からの土砂の回収率は無添加の場合の52%から86%に向上した。災害廃棄物の回収率が亘理町での実証試験結果の60~70%に比べて低いのは、解体廃棄物が多く、廃棄物組成が10mm以下材の比率が低いものであったこと、網目10mmで再分別していることが原因と考えられた。
- ③ 改質剤を用いない場合や、生石灰を用いた場合にはスクリーンの目詰まりが頻繁に生じ、施工能率が低下するが、高分子系改質剤を用いた場合は振動スクリーンの格子の網目10mm(災害廃棄物)と櫛歯の目開き20mm(津波堆積物)のスクリーンの目詰まりは少なく、晴天時は1回/日程度の清掃で分別精度を低下させることなく稼働できた。

表6 分別結果(粗選別後の災害廃棄物)

改質剤(添加率)		無添加	高分子(粉体) (1 kg/m ³)
処理量	重量(t)	8.88	8.28
10 mm 超過	重量割合(%)	77.0	75.8
	重量割合(%)	23.0	24.2
含水比	改質前(%)	38.8	—
	改質後(%)	—	38.6
土砂	改質前	7.5	—
	改質後	—	7.3
温度	改質前(°C)	14.2	—
	改質後(°C)	—	15.3

表7 分別結果(粗大物撤去後の津波堆積物)

改質剤(添加率)		無添加	高分子(液体) (1 kg/m ³)
処理量	重量(t)	23.0	22.6
20 mm 超過	重量割合(%)	48.1	13.9
	重量割合(%)	51.9	86.1
含水比	改質前(%)	27.1	—
	改質後(%)	—	31.1
土砂	改質前	7.7	—
	改質後	—	7.4
温度	改質前(°C)	12.1	—
	改質後(°C)	—	13.1

4.3 リサイクル結果

災害廃棄物や津波堆積物から分別した土砂性状の復興資材や土砂は、見た目や土木資材としての品質以外にも、①塩素濃度が高い、②自然由来を含めた重金属等汚染のおそれ、③放射能による汚染のおそれがあった。このため、①・②についてはストックヤード毎(600m³)に塩素分析・重金属分析を、③については1回/月の頻度で放射能濃



写真11 災害廃棄物の10mm以下材 写真12 津波堆積物の20mm以下材

表 8 分別された土砂等の分析結果

項目	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
塩化物イオン濃度 ^{※1} (mg/kg)	2,300	1,160	2,270	2,180	1,810	1,040	1,890	2,360	1,480
重金属汚染(有・無)	無 ^{※2}	無	無	無	無	無	無	無	無
放射能濃度(Bq/kg)	370	320	400	320	270	205	243	280	270

※1：農地の除塩マニュアル（H23 農林水産省）

※2：無 土壤溶出量基準・土壤含有量基準以下

度分析を実施した。なお、土砂等については最終的にセメントや生石灰等と比較して低アルカリ性であるマグネシウム系固化材により改質を行った。結果は表 8 に示す通りで、盛土材として再利用可能と判断され、盛土材料として有効利用される予定である。

災害廃棄物のうち混合物の中間処理量は約 3 万トン、リサイクル率（復興資材）は 25% であった。一方、津波堆積物の中間処理量は約 6 万トン、リサイクル率（土砂）は 85% であった。

5. おわりに

多賀城市における災害等廃棄物の中間処理は平成 24 年 1 月下旬に開始し、同年 11 月末の完了までの約 10 ヶ月間で約 13.8 万トンを処理した。リサイクル率は 80% となり、達成目標値である 70% を大きく上回った。

災害廃棄物の中間処理として、宮城県下の市町村で最も早い完了となった。本工事で得られたデータやノウハウが被災地で災害廃棄物処理に携わる各位を通して水平展開され、リサイクル率の向上と焼却残渣の減量化に寄与できれば幸いである。最後に、実証試験や本業務の実施にあたり、ご協力いただいた岐阜市環境事業部、多賀城市市民経済部生活環境課の皆様に深く感謝の意を表します。



写真 13 中間処理完了の現場集合写真

参考文献

- 1) 環境省：東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針、2011.5
- 2) 環境省：東日本大震災津波堆積物処理指針、2011.7